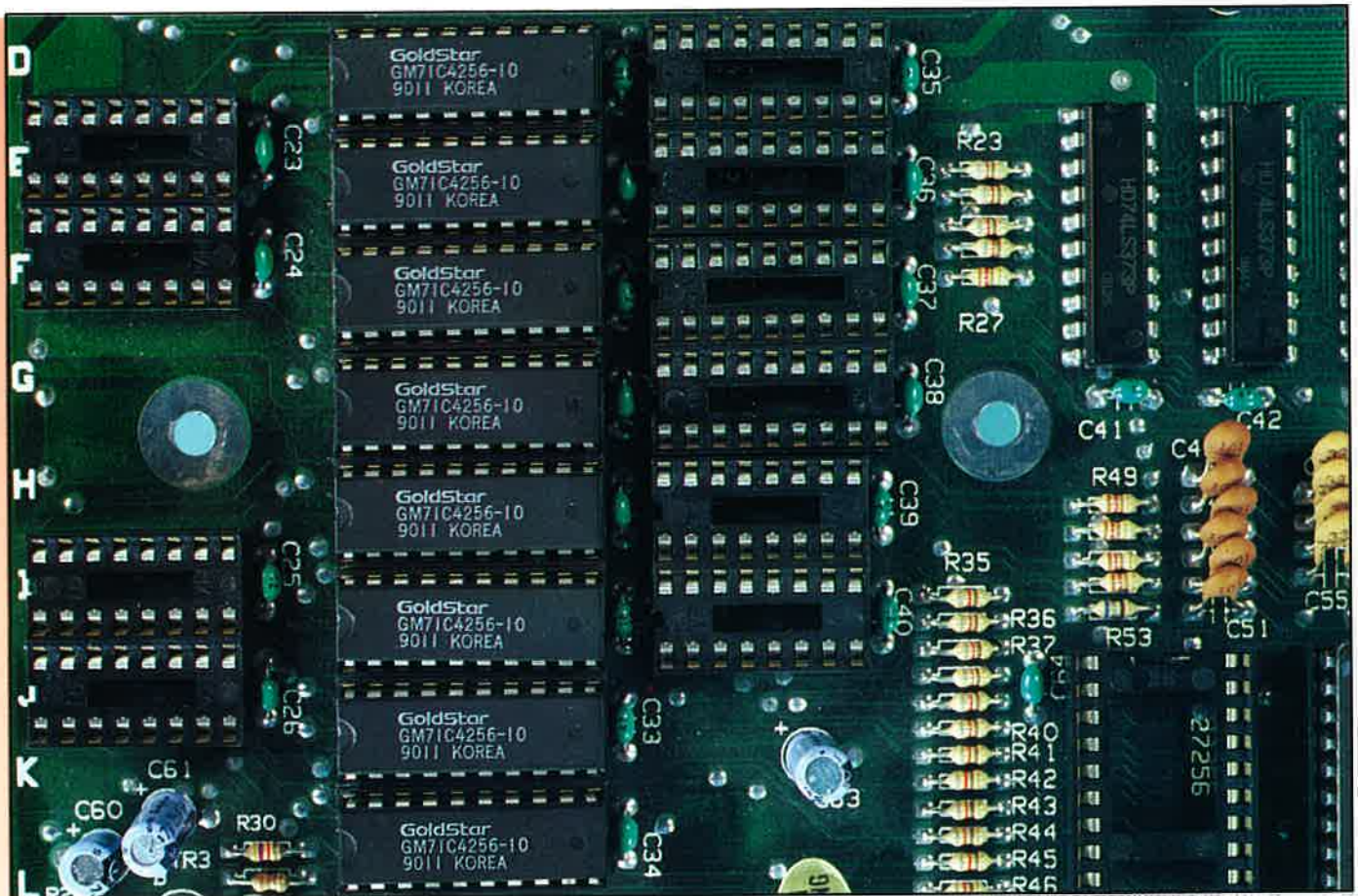
AMPLIAMENTO DELLA MEMORIA RAM

Nei capitoli precedenti la memoria RAM è stata esaminata sotto tutti gli aspetti (sia per il modo con cui viene utilizzata dal computer che per le sue caratteristiche più importanti), per cui ogni lettore dovrebbe a questo punto essere in grado di realizzare senza problemi l'espansione di memoria RAM del proprio PC.

Come si è visto in precedenza, eseguire un'espansione di memoria in un XT non è lo stesso che eseguirla in un AT; inoltre, anche tra gli AT esistono delle diversità tra i modelli più vecchi e i moderni 386 e 486.

Tenendo questo fatto sempre ben presente, verranno di seguito forniti i suggerimenti ritenuti necessari nei diversi casi per eseguire la suddetta espansione, cercando di essere il più esaustivi possibile. Per

Non è la stessa cosa espandere la memoria in un XT, in un AT o in un 486

Generalmente sui banchi di memoria tutti i circuiti integrati sono orientati nello stesso senso per evitare confusione

evitare comunque dei malintesi è consigliabile, prima di acquistare i chip o i moduli SIMM per l'espansione, leggere con molta attenzione le caratteristiche tecniche della propria scheda madre riportate sul manuale utente fornito dal costruttore. Quando si maneggiano i circuiti integrati o i moduli SIMM, bisogna tener presente che sono molto sensibili alle cariche statiche sempre presenti nel corpo umano. Per evitare di danneggiarli, prima di operare con questi componenti è consigliabile toccare sempre il telaio del PC (o qualsiasi altro elemento conduttore collegato a massa) in modo da scaricare il proprio corpo.

AMPLIAMENTO DELLA MEMORIA NEGLI XT

I chip di memoria e i moduli SIMM sono molto sensibili alle cariche statiche

Come detto in precedenza, la prima cosa da fare è quella di consultare il manuale utente della propria scheda madre. In questo modo è possibile sapere con certezza quale è la dimensione della memoria già installata nel computer, e quanta se ne può ancora installare oltre a questa.

In alcuni casi è possibile espandere la memoria sulla scheda madre fino ad una dimensione complessiva di 640 Kbyte, e ulteriori ampliamenti possono essere eseguiti solo tramite delle opportune schede di espansione. Nei casi più favorevoli invece, è consentita un'espansione direttamente sulla scheda madre fino a 1 Mbyte.

Sia in un caso che nell'altro però, è necessario definire se per espandere la memoria al valore desiderato è sufficiente aggiungere alcuni chip di memoria o, viceversa, sostituire quelli già presenti con altri di maggior capacità. Tutte queste situazioni dipendono direttamente dal tipo di scheda madre di cui si dispone.

Dopo aver verificato la possibilità di poter espandere la memoria, è possibile iniziare l'installazione dei nuovi circuiti integrati o la sostituzione di quelli già presenti. Per fare ciò è necessario togliere il coperchio dell'elaboratore, individuare i banchi di memoria, e verificare se l'accesso agli stessi è libero oppure ostacolato dalle schede aggiuntive montate sulla scheda madre. Se neces-

sario, si dovranno togliere anche queste schede, ricordando che dovranno essere successivamente reinstallate nelle stesse posizioni e con le stesse connessioni; è consigliabile perciò prendere degli appunti relativi alle operazioni che vengono effettuate.

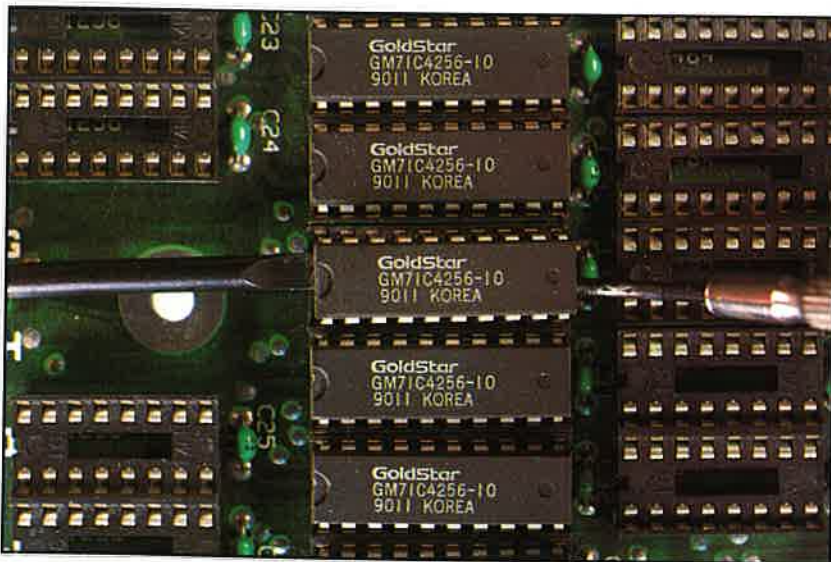
Questo modo di procedere è molto importante, poiché eventuali errori di connessione su di una scheda potrebbero provocare guasti sulla stessa, sulla scheda madre, o sull'alimentatore.

Contemporaneamente, prima di asportare qualsiasi circuito integrato dalla scheda madre conviene disegnare uno schema che ne rappresenti la disposizione e l'orientamento; ciò faciliterà il riposizionamento dei componenti, nel caso sia necessario ritornare alla configurazione iniziale, ed eviterà errori che potrebbero essere fatali. La soluzione ottimale, se possibile, sarebbe quella di fare una fotografia dello stato della scheda madre. Quando si devono inserire i circuiti integrati negli zoccoli corrispondenti bisogna prestare molta attenzione all'orientamento degli stessi. Per identificare il terminale 1 di un integrato si deve fare riferimento alla tacca o al pallino riportati sulla sua superficie. Orientando il componente con la tacca a sinistra, il terminale 1 corrisponde a quello in basso a sinistra. Come riferimento si possono osservare i circuiti di memoria già installati sulla scheda madre. Si ricorda che un integrato inserito al contrario può venire danneggiato irrimediabilmente quando viene fornita l'alimentazione, e comporta il fastidio di dover smontare e rimontare il tutto. Quando è presente, anche la tacca sullo zoccolo può diventare un facile riferimento per il giusto orientamento del circuito integrato. Per un corretto inserimento è consigliabile appoggiare una delle due file di terminali dell'integrato su quella corrispondete dello zoccolo, senza esercitare alcuna pressione verso il basso; successivamente bisogna appoggiare l'altra fila di terminali dell'integrato su quella rispettiva dello zoccolo, verificando il corretto allineamento degli stessi. Quando si è certi che l'integrato sia perfettamente posizionato è sufficiente esercitare una leggera pressione verso il basso, sino a quando il contenitore plastico tocca lo zoccolo. Al termine di questa operazione è opportuno verificare che tutti i terminali si siano perfettamente inseriti nei rispettivi alloggiamenti, e che nessuno di questi si sia piegato.

Se gli integrati utilizzati sono nuovi, può capitare che i loro terminali risultino leggermente allargati, per cui diventa più difficile inserirli negli zoccoli. Per

Per sostituire un integrato di memoria bisogna sollevarne un estremo con un cacciavite senza forzare eccessivamente

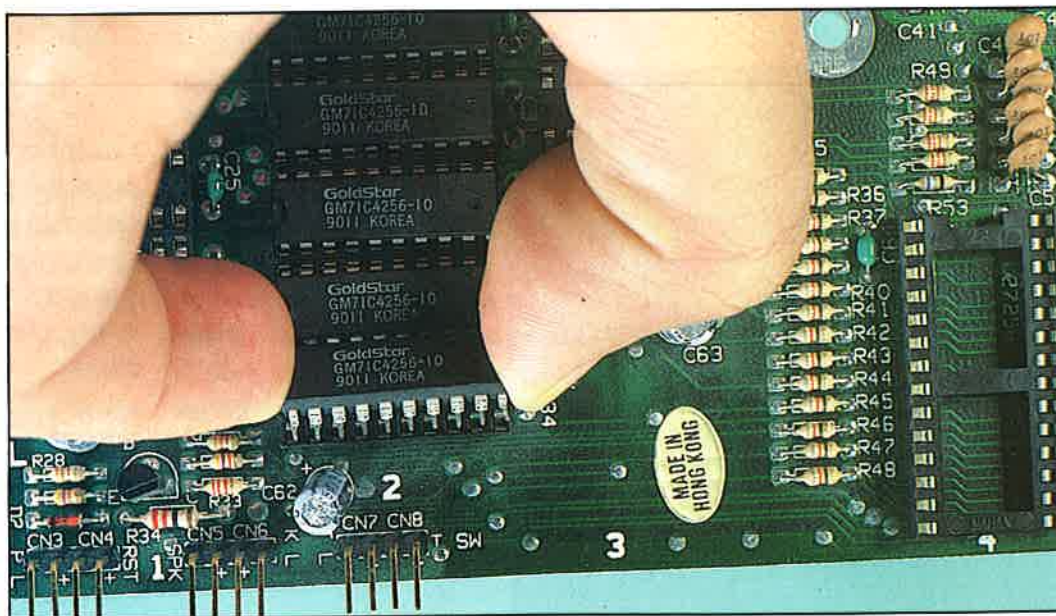
Per evitare di piegare i terminali bisogna sollevare anche l'altro estremo con un cacciavite o con uno strumento appuntito

Quando si aggiungono dei chip di memoria bisogna avere una certa accortezza durante le operazioni per il loro inserimento negli zoccoli

Sia quando si inseriscono i componenti negli zoccoli, sia quando li si estrae, non si devono mai forzare i terminali

facilitare questa operazione è consigliabile eseguire un intervento preventivo di riallineamento delle due file di terminali dell'integrato, appoggiando una di queste su di una superficie piana, come ad esempio un tavolo (se la superficie è in legno è opportuno interporre qualche foglio di carta per evitare graffi o danneggiamenti), ed esercitando una leggera pressione in modo da forzare i terminali di questa fila ad assumere una angolazione di 90° con il corpo dell'integrato. La stessa operazione deve essere ripetuta per la fila opposta, e al termine delle operazioni i terminali del circuito integrato dovrebbero coincidere quasi perfettamente con il passo dello zoccolo. Lo stesso livello di precauzione è richiesto quando è necessario togliere degli integrati già installati sulla scheda madre. Il procedimento è sufficientemente semplice, ma nello stesso tempo molto delicato, soprattutto se si vuole evitare la deformazione dei terminali degli integrati. Per eseguire questa operazione si consiglia di utilizzare un cacciavite a taglio non magnetizzato o uno strumento appuntito in plastica dura, che dovrà essere inserito tra lo zoccolo e il corpo dell'integrato. Su di un lato di quest'ultimo bisogna fare leva con questo strumento o il cacciavite finché il chip si solleva leggermente. Successivamente bisogna ripetere l'operazione sull'altro lato, interponendo però uno spessore tra il corpo dell'integrato e lo zoccolo sul primo lato in modo che non ritorni nella posizione iniziale. È comunque sempre indispensabile agire con molta cautela per evitare di piegare i terminali quando fuoriescono dalla loro sede. Mentre si eseguono queste operazioni di inserimento o di estrazione dei componenti si devono evitare movimenti bruschi, cercando di esercitare delle pressioni lievi e costanti. Dopo aver realizzato fisicamente l'espansione, è necessario far riconoscere al microprocessore le variazioni eseguite sulla scheda madre, per cui si devono settare i microinterruttori o i ponticelli (a seconda del caso) che abilitano la memoria aggiunta. Se non si imposta questa configurazione l'elaboratore non sarà in grado si riconoscere l'espansione, e continuerà ad utilizzare la stessa quantità di memoria che aveva inizialmente.

Per sapere su quali ponticelli o microinterruttori bisogna agire è

Prima di inserire un nuovo circuito integrato è opportuno regolare la distanza tra i suoi terminali

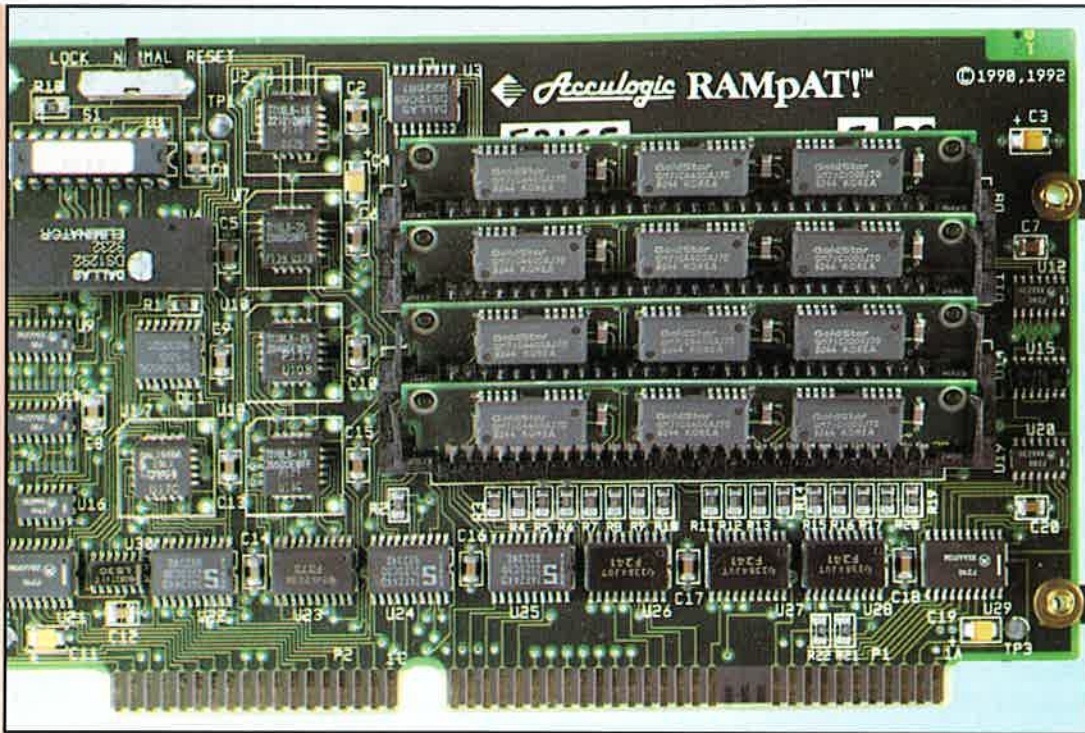
Per inserire correttamente un chip di memoria è consigliabile prima allineare e appoggiare una fila di terminali sullo zoccolo corrispondente

necessario consultare il capitolo dedicato alla configurazione della memoria nel manuale tecnico della scheda madre, nel quale dovrebbero essere riportate le istruzioni utili per l'installazione della memoria e le impostazioni richieste per farla riconoscere al microprocessore. Se non si ha a disposizione questo manuale, per ottenere le informazioni necessarie si dovrà interpellare il rivenditore dal quale si era acquistato l'elaboratore.

Dopo aver appoggiato anche la seconda fila di terminali, per inserire il chip nello zoccolo corrispondente si dovrà solamente esercitare una leggera pressione

Prima di riavviare il computer conviene ricontrollare meticolosamente tutti gli integrati che sono stati montati, verificando la loro posizione e controllando che non vi siano terminali male inseriti negli zoccoli o piegati. Se si individua qualche errore di montaggio, bisogna procedere alla sua opportuna correzione. Al termine di queste operazioni, quando si è certi che tutto sia stato eseguito correttamente, si possono reinserire le schede eventualmente rimosse per facilitare il montaggio degli integrati, facendo riferimento agli appunti che erano stati presi inizialmente.
A questo punto non resta che richiudere il calcolatore e accenderlo.
Il test della memoria del computer verificherà la quantità di memoria presente sulla scheda madre. Il suo valore deve corrispondere alla quantità totale di memoria che è stata installata.
Nel caso non sia possibile verificare la memoria con il test di avvio, è possibile eseguire il comando DOS "CHKDSK". Come risposta, questo comando fornirà le informazioni relative al sistema e alla memoria. Se la memoria è stata espansa sino a 640 Kbyte, il messaggio visualizzato da questo comando indicherà un totale di 655.630 byte.
Quando si desidera superare la barriera dei 640 Kbyte di memoria RAM, bisogna verificare innanzi tutto se la scheda madre supporta le specifiche EMS (Expanded Memory Specification), poiché queste rappresentano l'unico mezzo per poterla utilizzare. Se così non fosse, anche se venisse installato 1 Mbyte di memoria non si otterrebbe alcun vantaggio, e si spenderebbero dei soldi inutilmente. Se la scheda madre non consente l'espansione di memoria, l'unica soluzione possibile per poterla ottenere è quella di installare una scheda di espansione in grado di supportare le specifiche EMS; bisogna però tener presente che in un XT l'espansione al di sopra dei 640 Kbyte diventa necessaria solo quando le applicazioni che si utilizzano sfruttano l'EMS.

ESPANSIONE DI MEMORIA NEGLI AT

In questo caso, per AT si intendono tutti quei computer dotati di un microprocessore 80286 o superiore. Tutte le schede madri AT più recenti possono supportare entrambi i tipi di espansione di memoria di cui si è parlato in precedenza, vale a dire i moduli SIMM o i banchi di integrati. In alcuni casi sulla stessa scheda sono disponibili entrambe le soluzioni, in altri è possibile eseguire l'espansione esclusivamente con i moduli SIMM (oltre ovviamente che con le schede di espansione dedicate).
In base a queste considerazioni, è abbastanza comune trovare su una scheda madre di un 286 dei banchi di memoria predisposti per l'inserimento di circuiti integrati RAM, e contemporaneamente zoccoli per i moduli SIMM. In questo caso, se si desiderano avere solamente 640 Kbyte di memoria bisogna completare con gli opportuni chip i banchi dedicati agli integrati. Nel caso si voglia ampliare la memoria ad 1 Mbyte è necessario completare con gli integrati necessari i banchi di memoria già utilizzati per arrivare a 640 Kbyte. Non è possibile montare un modulo SIMM al

Prima di riavviare il computer è consigliabile ricontrollare tutti gli integrati che sono stati montati

Prototipo di scheda per espansione di memoria RAM di un AT

posto dei circuiti integrati; infatti, quando si vogliono installare dei moduli SIMM da 1 Mbyte, bisogna togliere tutte le memorie integrate e completare il banco delle SIMM con almeno due moduli, ottenendo al termine una capacità di memoria totale di 2 Mbyte.

Come sempre, a causa della grande varietà di schede madri disponibili sul mercato con diverse configurazioni e modalità di lavoro, è consigliabile leggere con attenzione il capitolo dedicato alla memoria RAM presente nel manuale utente fornito con le stesse. In questi manuali sono sempre indicate le diverse configurazioni di memoria RAM che la scheda è in grado di supportare.

Quando si desidera espandere la memoria fino a 1 Mbyte è sufficiente completare il banco di memoria che si sta utilizzando

Se si imposta una configurazione non indicata dal manuale è molto probabile che il test di memoria rilevi degli errori e non consenta un corretto avvio del calcolatore. Anche in questo caso valgono le stesse considerazioni fatte per l'espansione di memoria negli XT: la scheda madre deve essere in grado di gestire le specifiche EMS poiché, in caso contrario, cercare di aggiungere altri integrati sulla stessa diventa solo uno spreco di denaro. Per poter eseguire un ampliamento della memoria in questi elaboratori bisogna necessariamente far ricorso alle schede di espansione dedicate.

Tutti questi problemi si possono incontrare solamente negli XT e in alcune versioni delle schede 286, poiché tutti i 386 e 486 sono in grado di gestire lo standard LIM EMS.

Per questo tipo di elaboratori, i sistemi operativi DOS attuali (sia MS-DOS che DR-DOS), sono dotati di gestori di memoria estesa propri in grado di supportare qualsiasi ampliamento. Quanto detto è verificato dal fatto che, generalmente, tutti i 386 e 486 presenti sul mercato sono equipag-

Dettaglio dei moduli SIMM montati sulla scheda di memoria

Dettaglio del sistema di fissaggio dei moduli SIMM sulla scheda madre

giati con almeno 4 Mbyte di memoria, che può essere considerata la quantità minima necessaria per poter operare senza problemi con la maggior parte dei software attualmente disponibili in commercio.

Il limite superiore della memoria è stabilito dalla stessa scheda madre. Come riferimento, si può dire che la massima quantità di memoria che attualmente può essere montata su un 486 è di 64 Mbyte. Anche in questi elaboratori però, se si desidera avere una quantità di memoria superiore a quella che può essere montata sulla scheda madre, è possibile far ricorso alle schede di espansione.

La scelta del tipo di scheda di espansione deve essere fatta in funzione del bus dati con cui lavora il microprocessore della scheda madre; un XT che gestisce dati da 8 bit non può supportare schede con un bus a 16 bit.

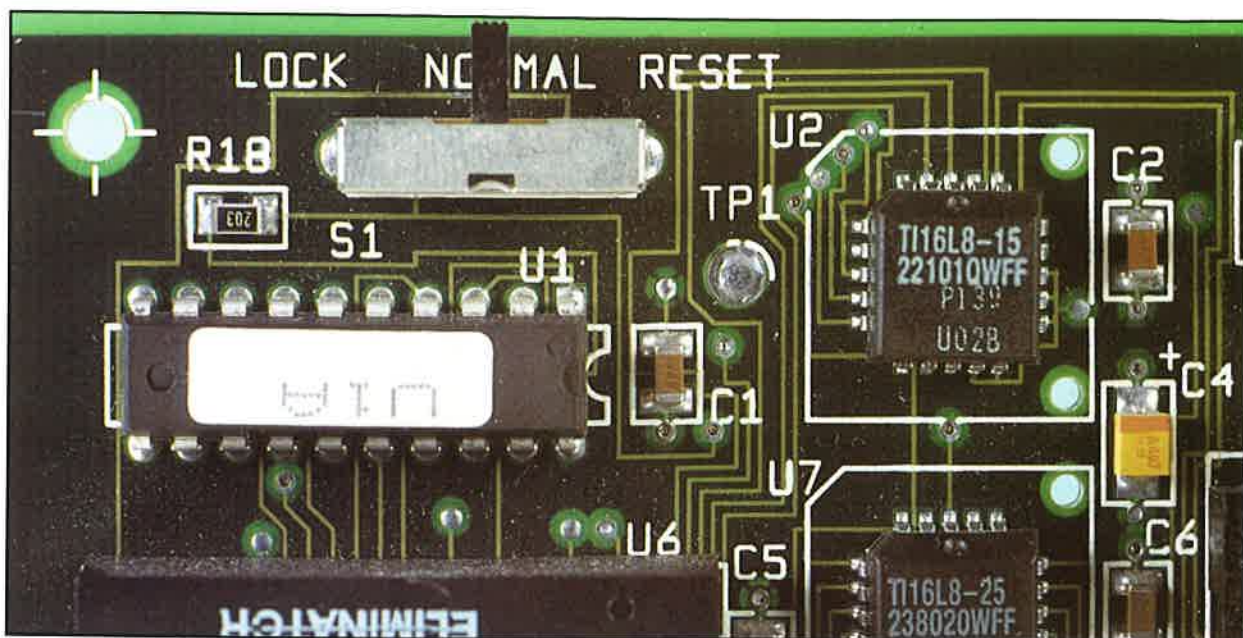
Quasi la stessa cosa vale per il 286, in quanto il suo bus da 16 bit non è in grado di operare con schede a 32 bit ma può gestire schede a 8 bit; quest'ultima soluzione non è però consigliabile poiché provocherebbe una diminuzione della velocità di accesso e di gestione della memoria. Infatti, per ottenere un dato a 16 bit devono essere eseguiti due accessi invece di uno solo.

Con i 386 e i 486 si è nella stessa situazione per cui, per ottenere il massimo rendimento dal proprio computer, è opportuno scegliere sempre una scheda il cui bus corrisponda a quello del PC.

Così come è importante conoscere il tipo di bus di cui è dotata la scheda, è interessante sapere lo scopo cui è destinata l'espansione, se per ampliare la memoria principale, quella estesa o quella espansa.

Nel primo caso, se si vuole ampliare la memoria principale bisogna verificare se sulla scheda madre sono presenti i ponticelli di configurazione che servono per settare l'indirizzo dal quale deve iniziare la memoria che si vuole installare.

Se invece si desidera utilizzare la memoria della

Il limite superiore del sistema di memoria è determinato dalla propria scheda madre

Tramite questo interruttore è possibile configurare la scheda per farla funzionare in modo normale, con più schede, o per resettare la configurazione impostata

scheda aggiuntiva come memoria espansa, bisogna tener presente che questa deve essere compatibile con lo standard LIM EMS, e che deve essere abbinata al software necessario per la sua configurazione e gestione.
Per concludere, è opportuno ricordare che le schede di memoria che possono essere configurate come memoria estesa possono essere sfruttate completamente solo da un PC 386 o 486. Nel caso degli elaboratori 286, queste schede possono essere utilizzate solo come disco virtuale, se si dispone di una versione del sistema operativo 3.3 o superiore.

Se si desidera una quantità di memoria superiore a quella consentita dalla scheda madre bisogna far ricorso alle schede di espansione

CONFIGURAZIONE SOFTWARE

I diversi casi presi in esame nelle pagine precedenti prevedono ovviamente delle configurazioni differenti ma, come norma generale, si può dire che il procedimento base da seguire per configurare una espansione di memoria è sempre quello di identificare il controllore e il gestore della stessa che viene utilizzato per riconoscere la memoria che è stata aggiunta.

Dopo averlo individuato bisogna inserire l'istruzione corrispondente nel CONFIG.SYS; questa istruzione deve avere il seguente formato:

DEVICE=C:\path\driver.sys

dove il *path* è il percorso che il DOS deve seguire per localizzare il file, e *driver.sys* è il nome del gestore di memoria utilizzato.
Per maggior sicurezza però, è sempre meglio consultare il capitolo relativo alla gestione della memoria presente nel manuale del proprio sistema operativo.

Esempio di un file CONFIG.SYS con il gestore per la memoria estesa installato

```
C:\>TYPE CONFIG.SYS
SHELL=C:\COMMAND.COM C:\ /P /E:512
DEVICE=C:\WINDOWS\HIDOS.SYS
DEVICE=C:\DRDOS\EMM386.SYS /F=AUTO /K=AUTO /B=FFFF /V /R=AUTO
HIDOS=ON
DEVICE=C:\DRDOS\VDISK.SYS 2048 128 64 /E
BREAK=ON
HIBUFFERS=30
FILES=30
FCBS=8,8
FASTOPEN=512
LASTDRIVE=G
HISTORY=ON, 256, OFF, OFF, OFF
COUNTRY=034,,C:\DRDOS\COUNTRY.SYS
DEVICE=C:\DRDOS\ANSI.SYS
STACKS=9,256
```

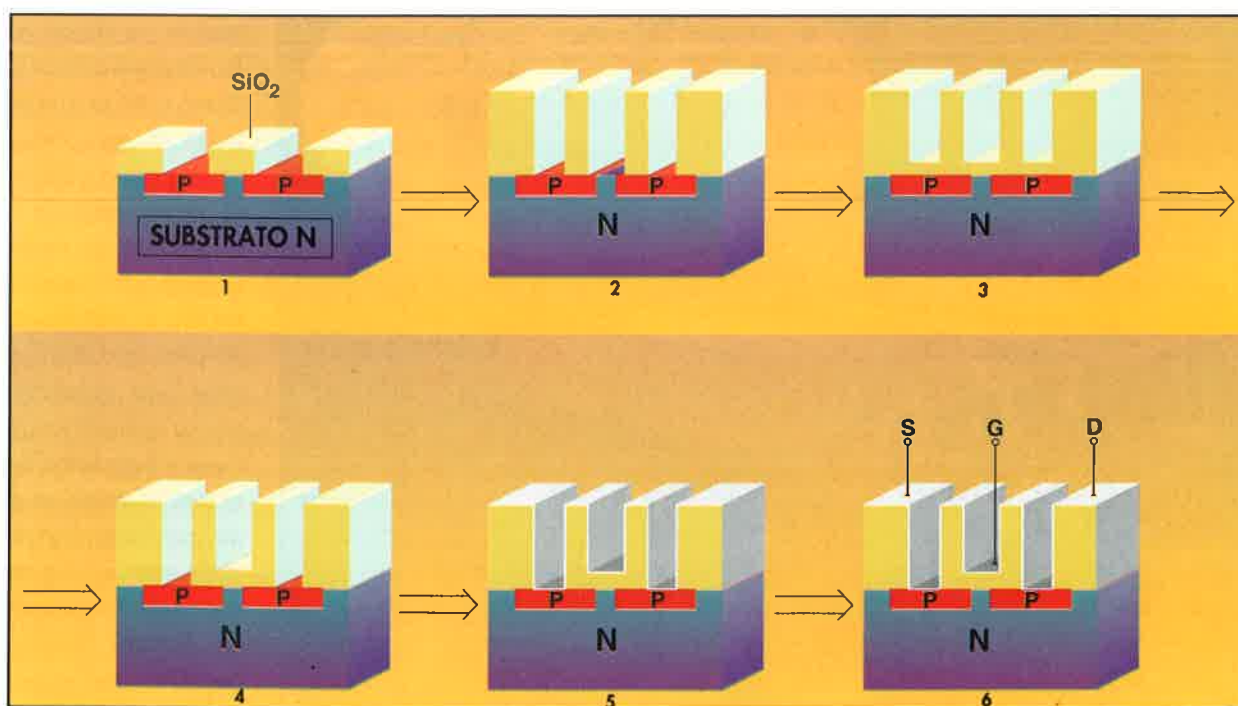
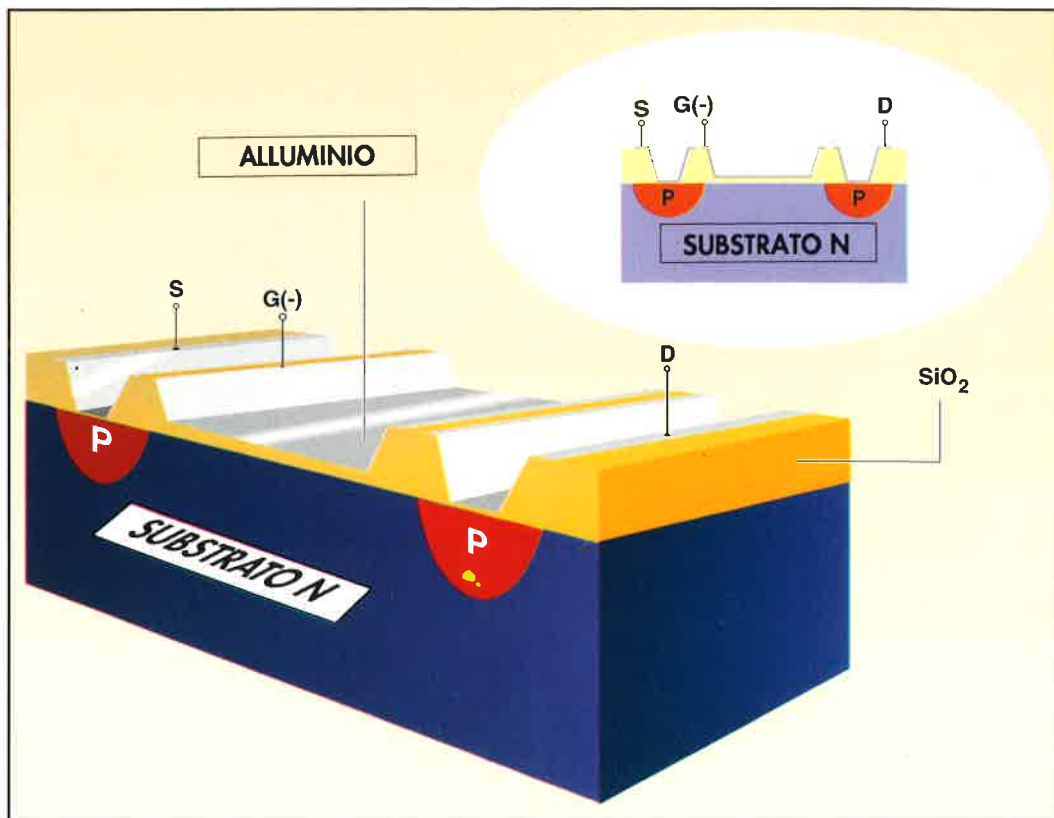
LA FAMIGLIA MOS

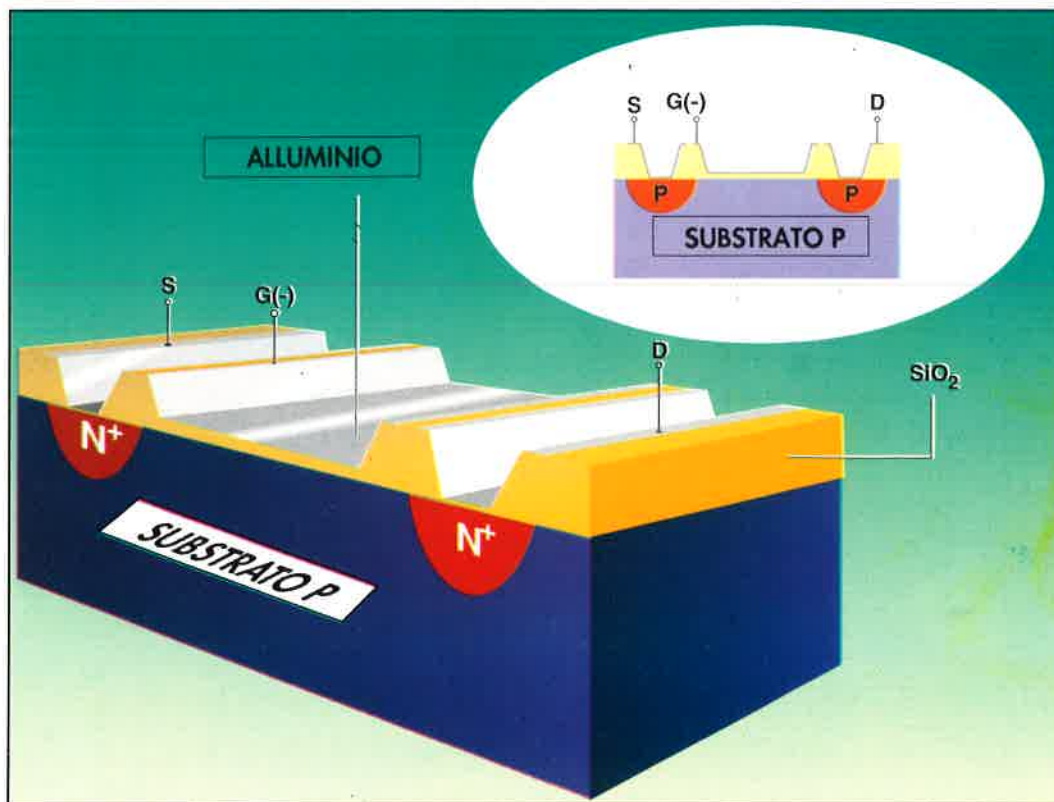
Attualmente in commercio sono disponibili altri tipi di porte logiche, che utilizzano elementi analogici diversi da quelli presi in considerazione sinora, quali i diodi e i transistor. Di seguito verranno esaminati questi altri componenti, conosciuti con il nome di transistor MOSFET.

I TRANSISTOR *MOSFET*

I transistor ad effetto di campo sono dispositivi semiconduttori nei quali il controllo della conduzione viene ottenuto grazie al campo elettrico applicato. Questi transistor possono essere suddivisi in due grandi famiglie:
- *JFET: transistor a giunzione ad effetto di campo.*
- *MOSFET: transistor metallo-ossido-semiconduttore ad effetto di campo.*

Per la trattazione relativa ai sistemi digitali verranno presi in considerazione esclusivamente i transistor MOSFET.
Le principali differenze tra i transistor a giunzione bipolare e quelli ad effetto di campo sono:

1 - il funzionamento dei transistor ad effetto di campo dipende solamente dal flusso dei portatori maggioritari; ciò vuol dire che sono dei dispositivi unipolari
2 - i MOSFET sono di fabbricazione più semplice e occupano meno spazio per la loro integrazione, il che significa che in uno stesso circuito integrato possono coesistere molti più transistor MOSFET di quelli a giunzione bipolare
3 - i transistor a effetto di campo possono essere utilizzati come resistenze di carico e, di conseguenza, è possibile trovare sistemi digitali realizzati esclusivamente con transistor MOSFET
4 - presentano un fan-out maggiore, grazie alla loro elevata resistenza di ingresso

Fasi costruttive di un transistor MOSFET

MOSFET ad arricchimento con canale di tipo P

Struttura di un MOSFET a svuotamento a canale N

5 - possono funzionare come memorie, grazie all'accumulo di cariche in piccole capacità

6 - i MOSFET presentano un minor rumore rispetto ai transistor bipolari, anche se rispetto a questi ultimi lavorano con velocità inferiori; le loro principali applicazioni si hanno nei dispositivi integrati a grande scala di integrazione LSI, quali memorie, registri di scorrimento e microprocessori (componenti che saranno esaminati nei successivi capitoli).

Per ricavare un transistor a effetto di campo metallo-ossido-semiconduttore è necessario, partendo da un transistor a giunzione ad effetto di campo, applicare al suo canale un campo elettrico tramite un diodo p-n. Per ottenere questa funzione si utilizza un elettrodo di gate metallico, separato dal canale semiconduttore da uno strato di ossido. Questa disposizione MOS, o metallo-ossido-semiconduttore, genera una condizione per la quale il canale viene influenzato da un campo elettrico se viene applicata una tensione esterna tra gate e substrato. Esistono due tipi di MOS:

MOSFET depletion, o a svuotamento,

MOSFET enhancement, o ad arricchimento.

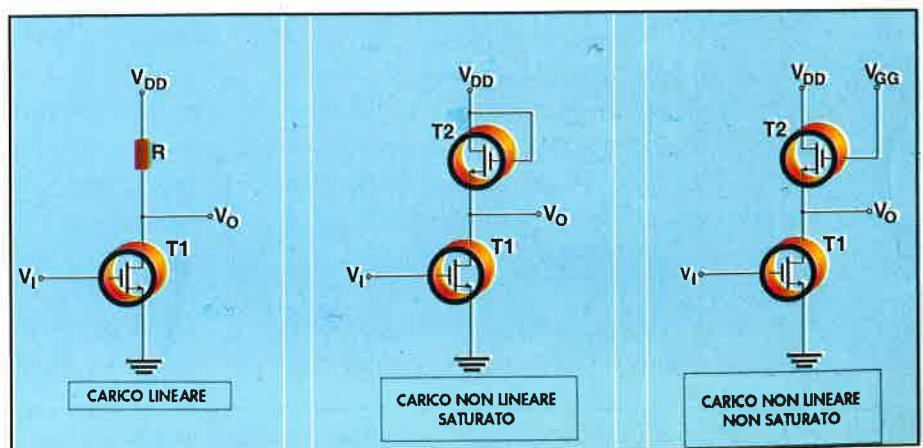
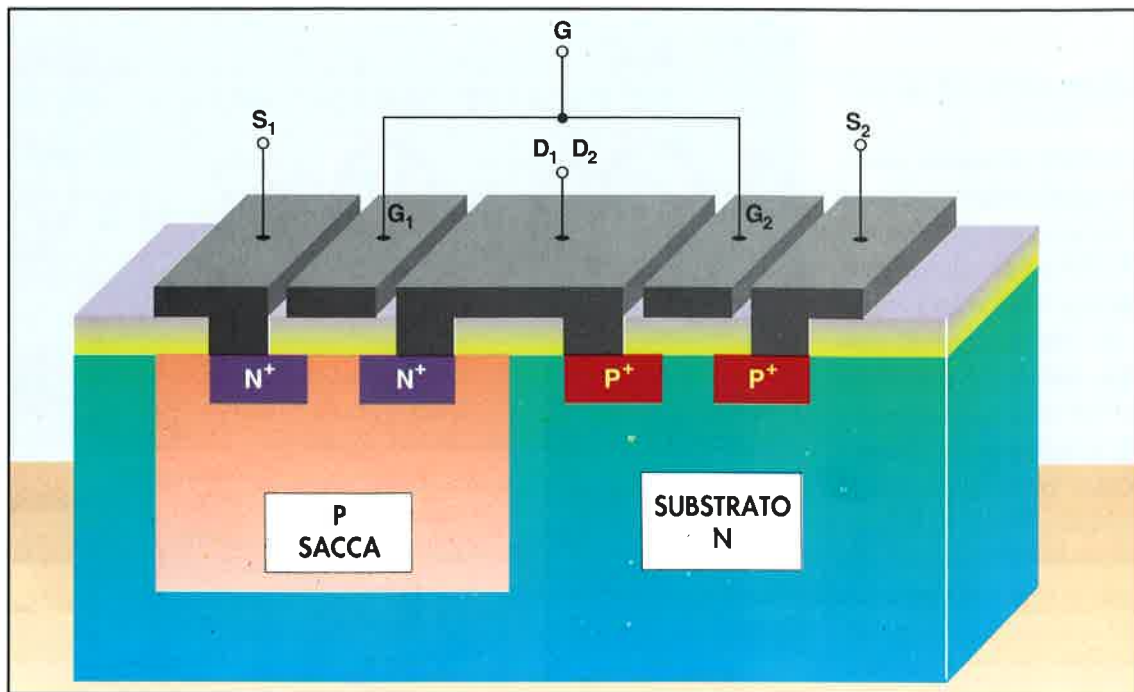
I primi hanno un funzionamento analogo ai FET: non applicando tensione al gate, e con una tensione di drain ben definita, la corrente che circola tra drain e source raggiunge il suo valore massimo. Applicando una tensione di gate invece, il campo elettrico che si forma tra gate e substrato restringe il canale di conduzione, e la corrente tra drain e source diminuisce proporzionalmente al crescere di questo. Nei MOSFET ad arricchimento la corrente tra drain e source è nulla quando al gate non viene applicata tensione, mentre cresce proporzionalmente all'aumentare della tensione applicata a quest'ultimo.

Simboli dei diversi transistor MOSFET esistenti in commercio

MOSFET AD ARRICCHIMENTO

Sulla superficie di un substrato di tipo N viene depositato un sottile stato di biossido. Utilizzando la tecnica fotolitografica, che permette un attacco chimico selettivo dello strato di biossido grazie all'apertura di finestre ben definite, vengono diffuse nel semiconduttore delle impurità droganti di tipo P. In questo modo si ottiene una struttura costruttiva simile a quella rappresentata dal primo disegno della figura corrispondente. Le due regioni P costituiscono il source e il drain. Sfruttando sempre la tecnica fotolitografica di mascheratura e attacco chimico selettivo, le diverse fasi costruttive comprendono: l'accrescimento di uno strato di biossido su tutta la superficie, l'apertura di una finestra in corrispondenza del gate (dis. 2), l'accrescimento di un sottile strato di biossido su tutta la superficie (dis. 3), l'attacco acido delle zone corrispondenti al source e al drain (dis. 4), la metallizzazione di tutta la superficie con alluminio vaporizzato (dis. 5), l'asportazione con attacco acido dell'alluminio non necessario, in modo da isolare elettricamente tra di loro le metallizzazioni di source, gate e drain (dis. 6).

Per analizzare il funzionamento di questo tipo di transistor, si supponga di applicare una tensione di gate in modo che questi risulti negativo rispetto al drain e al source. Inoltre, si consideri il source collegato elettricamente al substrato di tipo N. In queste condizioni, nella regione di gate si viene a creare un campo elettrico perpendicolare all'ossido che tende ad attrarre le cariche positive verso questa zona superficiale. Poiché nel substrato N sono presenti pochissime cariche positive, queste vengono richiamate dalle regioni di drain e di source di tipo P, che ne sono invece molto ricche. Queste cariche positive, che inizialmente si comportano da portatori minoritari nel substrato, si ricombinano con le cariche negative del substrato stesso; quando il numero di cariche positive provenienti dal drain e dal source supera il numero di cariche negative presenti in quella zona del substrato avviene l'inversione di polarità della zona stessa. Questa condizione si verifica nel momento in cui viene applicato al gate un certo valore di tensione definito *tensione di soglia*. Aumentando la tensione negativa di gate oltre il valore della tensione di soglia, cresce anche il numero di cariche positive presenti nella zona di substrato sottostante: questa regione diventa perciò un *canale conduttivo di tipo P*, la cui conduttività

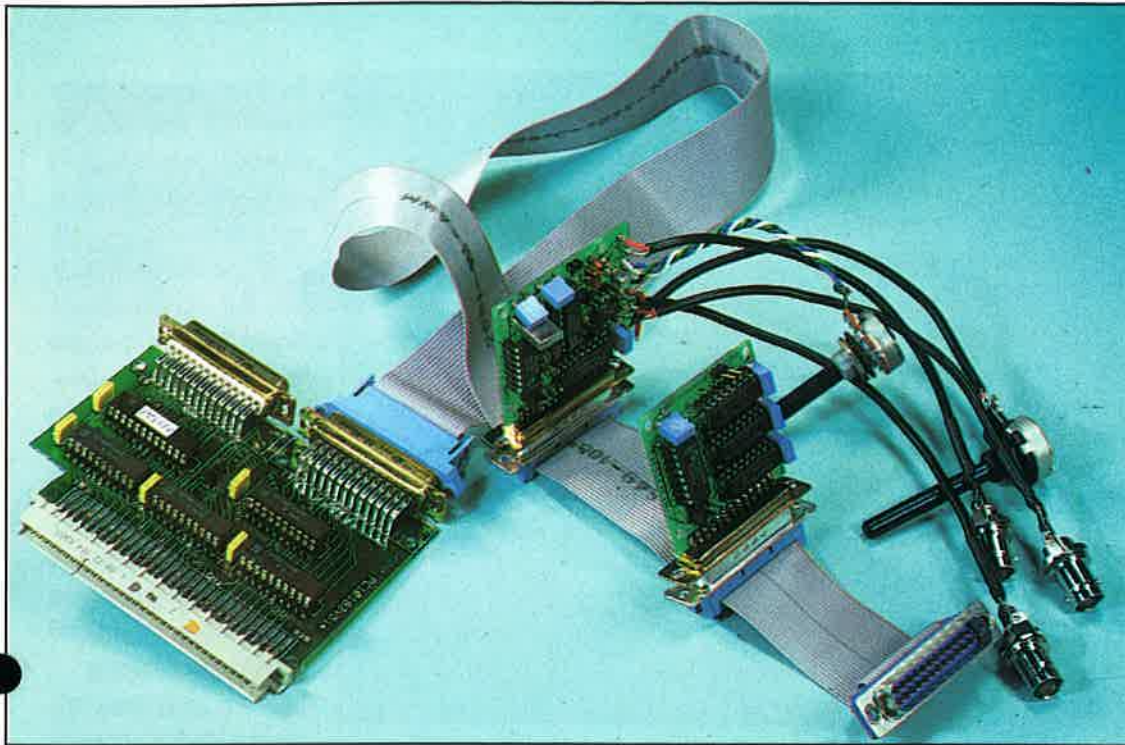
Circuiti invertenti con MOSFET. Si possono notare i diversi tipi di carico di collettore utilizzati nei circuiti digitali

Sezione trasversale di un MOSFET complementare

aumenta all'aumentare della tensione negativa applicata al gate. L'aumento della conduttività provoca un aumento proporzionale della corrente che scorre attraverso il canale formatosi tra source e drain, e per questo motivo questi dispositivi vengono definiti MOSFET *ad arricchimento*.

MOSFET A SVUOTAMENTO

Se nella struttura di un transistor MOSFET viene diffuso un canale tra source e drain con lo stesso tipo di impurità utilizzate per la diffusione del source e del drain, si ottiene un MOSFET *a svuotamento* (o depletion). Con riferimento alla struttura a canale N riportata nella figura corrispondente, se non viene applicata alcuna tensione al gate, e la tensione tra source e drain è positiva, circolerà una corrente apprezzabile nel canale di conduzione precostituito tra source e drain. Se si applica invece una tensione tra gate e source in modo che il source risulti positivo rispetto al gate, il campo elettrico che si viene a creare nella regione sottostante tende a diminuire la concentrazione delle cariche negative presenti nel canale. Poiché in un transistor ad effetto di campo la corrente è dovuta ai portatori maggioritari (elettroni in un semiconduttore di tipo N), le cariche positive indotte dal campo elettrico generato dal gate rendono il canale meno conduttivo, e perciò la corrente che scorre tra source e drain diminuisce all'aumentare del valore della tensione negativa applicata tra gate e source. La ridistribuzione delle cariche nel canale provoca una diminuzione effettiva dei portatori maggioritari, da cui il nome di MOSFET *a svuotamento*.

PARTICOLARITÀ DEI MOSFET

Questi dispositivi vengono utilizzati in campo digitale per la costruzione di famiglie logiche, di memorie o di registri a scorrimento. A causa delle capacità parassite presenti tra gate e drain, tra gate e source, e nel substrato, i circuiti MOSFET sono più lenti dei corrispondenti circuiti bipolari. Tuttavia, la loro minor dissipazione di potenza e la loro maggior densità di integrazione li fanno preferire in diverse applicazioni.
Se si osservano i simboli utilizzati dalla maggior parte dei costruttori, si può notare che quando la connessione del substrato viene riportata all'esterno si è in presenza di un dispositivo a quattro terminali. Spesso il terminale del substrato viene omesso, come si può osservare nel primo dei simboli rappresentati nella figura corrispondente; ciò significa che in questo caso è internamente collegato al source. Nel simbolo del MOSFET ad arricchimento si utilizza una linea tratteggiata per rappresentare il canale.

PROGRAMMA PER IL FREQUENZIMETRO

Nelle pagine precedenti sono stati presentati due dei tre elementi che compongono il frequenzimetro digitale: il contatore e il selettore degli ingressi. Per far sì che questi due circuiti risultino operativi, si deve utilizzare un programma in grado di generare i segnali necessari per il loro controllo. Questo programma rappresenta il terzo elemento del frequenzimetro.

Sarebbe stato possibile realizzare un programma di controllo partendo dagli esempi che sono stati utilizzati per la verifica di entrambi i circuiti, ma si è preferito sviluppare dei programmi distinti basati sui moderni sistemi di strumentazione a controllo computerizzato (VK), in grado di emulare il pannello frontale dello strumento. Il primo programma serve solamente per il controllo del contatore digitale, mentre il secondo è in grado di gestire entrambi i circuiti contemporaneamente.

Vengono proposti due programmi basati sui moderni sistemi di strumentazione controllata tramite il computer

Entrambi i moduli vengono collegati al circuito decodificatore tramite lo stesso cavo

Se si sovrappone il contatore al selettore facendo coincidere i connettori CN1 corrispondenti, si può verificare che i fori di fissaggio dei circuiti coincidono. Questo consente di montare il contatore sopra al selettore utilizzando dei distanziali da 20 mm. Nel disegno corrispondente si può osservare più dettagliatamente come può essere realizzata questa operazione.
L'unica interconnessione elettrica necessaria tra i due circuiti, oltre al cavo di collegamento comune al decodificatore degli indirizzi, è quella che unisce l'uscita del selettore con l'ingresso del contatore. Per realizzarla si devono utilizzare due file da due terminali femmina ciascuna, e un pezzo di cavo schermato unipolare lungo circa 6 cm. Dopo aver spelato e stagnato entrambe le estremità del cavo, compresa la calza, questo dovrà essere saldato ai terminali femmina, mantenendo una corrispondenza tra il cavo attivo e la calza su entrambi i lati. Collegare infine questo cavetto ai circuiti, facendo in modo che il cavo attivo risulti connesso al terminale 1 del connettore CN2 del selettore degli ingressi, e la calza al terminale 1 del connettore CN2 del contatore.
Poiché i componenti esterni al selettore degli ingressi risultano liberi, è consigliabile assemblare tutto il gruppo all'interno di una scatola opportunamente ingegnerizzata, con dimensioni di circa 45 mm di altezza, 60 di larghezza e 80 di profondità. A questo punto è necessario configurare gli ingressi di selezione sui due moduli. Poiché la configurazione di default del programma di controllo ha il contatore impostato per CE1 e il selettore per CE2, è necessario spostare il jumper del contatore sulla posizione più vicina alla scritta serigrafica JP1 (CE1), e il jumper del selettore sulla posizio-

La configurazione di default del programma di controllo assegna il contatore a CE1 e il selettore a CE2

Prima di analizzare il funzionamento di questi programmi, verrà descritto l'assemblaggio dei due moduli che compongono gli elementi circuitali del frequenzimetro.

Assemblaggio dei moduli

Sia il circuito stampato del contatore che quello per la selezione degli ingressi sono già dotati di quattro fori per il loro assemblaggio meccanico.

Il circuito del contatore si può montare sul selettore utilizzando quattro distanziali

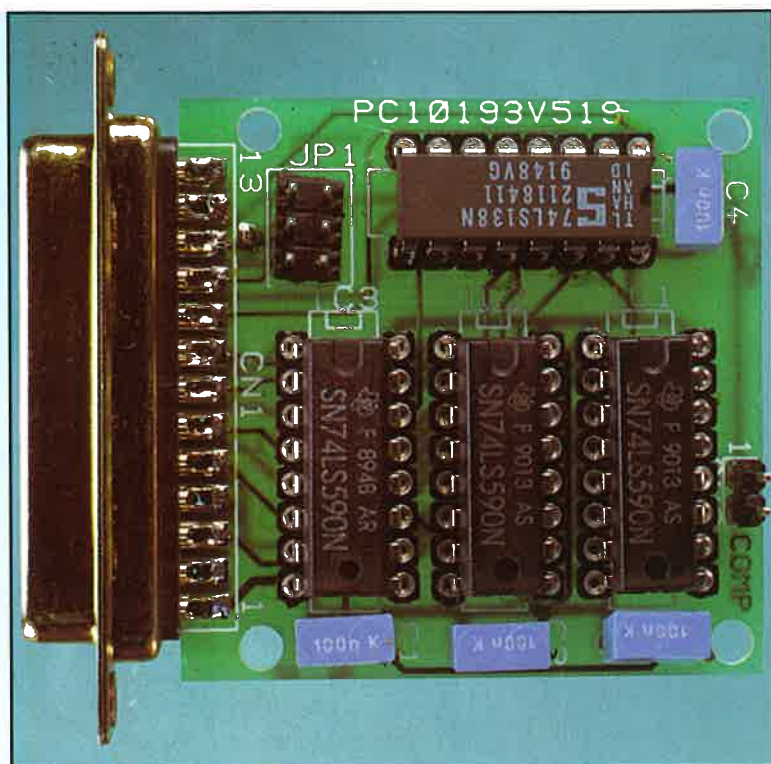
All'accensione lo strumento si autoconfigura come frequenzimetro, impostato sulla scala degli Hz e con ingresso TTL selezionato

Il floppy del frequenzimetro contiene due programmi. Il primo gestisce unicamente il contatore digitale, il secondo controlla i due circuiti contemporaneamente

ne intermedia (CE2). Naturalmente è possibile scegliere qualsiasi altra combinazione, poiché il programma consente di cambiare la configurazione a piacimento. L'unica limitazione è dovuta al fatto che i due moduli non possono avere lo stesso ingresso di selezione; se il contatore è configurato per un determinato segnale di selezione, il selettore deve essere configurato per uno qualsiasi dei due restanti.
Dopo aver assemblato i due moduli, e con l'elaboratore spento, è possibile eseguire il collegamento degli stessi al decodificatore di indirizzi con il cavo descritto nel capitolo dedicato al contatore digitale. Il circuito decodificatore deve essere a sua volta collegato alla prolunga del bus di espansione installata sul computer. A questo punto, per avere a disposizione un frequenzimetro digitale, non resta che accendere il calcolatore e lanciare il programma di controllo opportuno.

INSTALLAZIONE DEL PROGRAMMA

Il dischetto del frequenzimetro contiene due programmi. Il primo di questi controlla unicamente il contatore digitale, ed è stato sviluppato per coloro che non desiderano utilizzare il selettore degli ingressi. In questo caso lo strumento è limitato alla misura di segnali TTL, e non è possibile eseguire una calibrazione personalizzata dello stesso; questo programma è presente nella directory CONT. Il secondo programma, che gestisce entrambi i circuiti simulando un frequenzimetro digitale completo, è contenuto nella directory FREQ.
Il disco contiene i seguenti file:
INSTALL1.BAT: installa nella directory C:\FREQ il programma CONT,
INSTALL2.BAT: installa nella directory C:\FREQ il programma FREQ,
INSTALL3.BAT: installa nella directory *C:\FREQ* entrambi i programmi.
\CONT\CONT.BAS: listato sorgente originale del programma di controllo per il contatore (VK),
\CONT\CONT.EXE: programma di controllo eseguibile per il contatore digitale,
\CONT\CONT.UIR: pannello frontale del contatore,
\CONT\CONTCAL.UIR: pannello di calibrazione esterna per il contatore,
\CONT\CONTSEL.UIR: pannello di selezione degli indirizzi per il contatore,
\FREQ\FREQ.BAS: listato sorgente originale (VK) del programma di controllo per il frequenzimetro,
\FREQ\FREQ.EXE: programma di controllo eseguibile per il frequenzimetro completo,
\FREQ\FREQ.UIR: pannello frontale del frequenzimetro,
\FREQ\CAL.UIR: pannello di calibrazione interna/esterna per il frequenzimetro,
\FREQ\SEL.UIR: pannello di selezione degli indirizzi per il frequenzimetro.
I programmi possono essere eseguiti sia dal dischetto che dal disco rigido; in quest'ultimo caso devono essere installati con i programmi di installazione allegati. Il procedimento per l'installazione sul disco rigido C: è il seguente:

I display visualizzano la lettura e la scala dello strumento

Aspetto del circuito contatore senza cavi di collegamento

1 - inserire il dischetto nel drive da 3" 1/2,
2 - posizionarsi su questa unità (A:[Enter] oppure B:[Enter]),
3 - eseguire il programma di installazione desiderato (INSTALL1, INSTALL2 o INSTALL3 [Enter]).
Il programma di installazione creerà una directory chiamata FREQ sul disco rigido C: nella quale verranno copiati tutti i file necessari per eseguire il programma che si desidera installare.

Esecuzione del programma

Per lanciare il programma dal dischetto bisogna inserirlo nel drive da 3" 1/2 e posizionarsi su di quest'ultimo digitando A:[Enter] oppure B:[Enter], in funzione della configurazione del drive. Se il programma è stato installato sul disco rigido C: invece, è necessario posizionarsi su questo digitando C:[Enter].
Per eseguire il programma di controllo del frequenzimetro completo, si devono seguire i seguenti passi:

I programmi possono essere gestiti sia con il mouse che con la tastiera

1 - CD FREQ [Enter]
2 - FREQ [Enter]
Per eseguire invece il programma di controllo del contatore dal floppy:
1 - CD CONT [Enter]
2 - CONT [Enter]
mentre dal disco rigido:
1 - CD FREQ [Enter]
2 - CONT [Enter]
L'uso di questo programma è molto semplice, e possono essere impiegati sia il mouse che la tastiera. Con il mouse è sufficiente spostare il cursore a freccia sul controllo che si vuole attivare e cliccare sul tasto sinistro dello stesso. Con la tastiera è necessario premere il tasto TAB finché viene selezionato il controllo desiderato, e successivamente premere il tasto Enter.

Descrizione del programma

Poiché i due programmi sono molto simili, verrà di seguito descritto solo il funzionamento di FREQ, sia perché è il più completo dei due, sia perché le funzioni del programma CONT sono quasi le stesse. Quando si avvia il programma, compare sullo schermo del computer il pannello frontale di un frequenzimetro digitale. Tutti i controlli, tranne quello di accensione (POWER), sono disattivati, per cui provando ad azionarli non si otterrà alcuna risposta. Per accendere il frequenzimetro bisogna agire sul commutatore POWER, portan-

I tasti di selezione permettono l'impostazione della modalità di funzionamento dello strumento

dolo in posizione ON; in questo modo quasi tutti i controlli vengono attivati.
Prima di iniziare a operare con lo strumento viene fornita una breve descrizione delle funzioni realizzate da ciascuno dei controlli. Nella parte superiore del pannello sono presenti due indicatori (display). Il loro compito è quello di visualizzare la lettura dello strumento; sul più grande di questi viene indicato il valore misurato, mentre sul secondo viene richiamata la scala di misura che si sta utilizzando. Se lo strumento è impostato come frequenzimetro, la misura può essere eseguita in unità di frequenza o di tempo; nel primo caso si può scegliere tra cicli (Hz), chilocicli (KHz) e megacicli (MHz) al secondo, mentre nel secondo caso tra secondi (s), millisecondi (ms), microsecondi (µs) e nanosecondi (ns). Le letture che compaiono sul primo indicatore variano al variare della scala; nelle scale fondamentali degli hertz e dei secondi compare il valore completo in forma esponenziale. Nelle altre scale il valore viene arrotondato alla quarta cifra decimale.
Sulla sinistra dell'indicatore di scala ci sono due pulsanti a forma di freccia che consentono la selezione della scala. La sua variazione si ottiene anche cliccando con il pulsante del mouse direttamente sul display; in questo caso appare un menu a tendina che riporta tutte le scale selezionabili. Se non si dispone del mouse, la variazione di scala può essere realizzata con le frecce di spostamento del cursore presenti sulla tastiera.
Sulla parte destra del pannello si trovano i pulsanti di selezione delle funzioni dello strumento. Attivando il pulsante FREQUENZIMETRO lo strumento misurerà la frequenza del segnale applicato all'ingresso; attivando invece il pulsante CONTATORE lo strumento conterà i cicli del segnale di ingresso, dal momento in cui viene premuto il tasto START fino a quando viene premuto il tasto STOP. Selezionando la funzione CONTATORE vengono attivati i tasti START e STOP e viene disattivata la possibilità di scelta della scala, poiché viene misurato solamente il numero degli impulsi del segnale di ingresso in un tempo determinato dall'intervallo di attivazione dei tasti START e STOP. Ritornando alla funzione FREQUENZIMETRO vengono disattivati i tasti di controllo del contatore e ricompare la scala sul secondo display. Può capitare che, ritornando alla funzione FREQUENZIMETRO, la misura non risulti corretta; in questo caso è sufficiente effettuare un cambio di scala.

La possibilità di calibrazione è uno dei vantaggi offerti dallo strumento per ottenere un elevato grado di precisione

Premendo il tasto CONFIGURAZIONE compare un pannello che consente di selezionare gli indirizzi di configurazione dei circuiti del frequenzimetro. Come per la variazione della scala, anche in questo caso è possibile selezionare gli indirizzi di abilitazione del contatore e del selettore tra sei possibili combinazioni; dopo aver impostato gli indirizzi opportuni bisogna premere il tasto USCIRE. In questo modo vengono aggiornati gli indirizzi nel programma e scompare il pannello di selezione. Inizialmente il programma è impostato con il circuito contatore su CE1 e il selettore degli ingressi su CE2.
Premendo sul tasto CALIBRAZIONE appare un

Con lo strumento si possono eseguire misure in unità di frequenza o di tempo

Il pannello di selezione degli indirizzi consente di configurare gli indirizzi di abilitazione di ciascuno dei moduli

I tasti START e STOP vengono attivati quando lo strumento funziona come contatore

nuovo pannello che serve per la calibrazione dello strumento. Questa può essere effettuata tramite il segnale di riferimento generato dal selettore degli ingressi o per mezzo di un segnale esterno da 5 MHz. Se sul pannello di calibrazione si preme il tasto INT, lo strumento viene calibrato con la frequenza interna, mentre se si preme il tasto EXT si dovrà applicare un segnale di 5 MHz all'ingresso TTL del frequenzimetro. Dopo aver attivato uno qualsiasi dei due pulsanti bisogna premere il tasto USCIRE per poter abbandonare il processo e lasciare lo strumento nelle condizioni iniziali. I diodi LED indicano lo stato del processo. Quando si illumina quello di sinistra la frequenza misurata è al di sotto del valore reale, mentre quello di destra si illumina se la frequenza misurata supera il valore reale. In qualsiasi caso il programma agirà sulla finestra temporale di acquisizione, regolandola in modo da ottenere la misura corretta. Quando si illumina l'indicazione OK significa che la frequenza è corretta e il processo di calibrazione viene abbandonato.

Premendo il tasto INT sul pannello di controllo lo strumento viene calibrato con la frequenza di riferimento interna

Non resta a questo punto che esaminare la funzione dei tasti di selezione dell'ingresso. Ciascuno di questi, TTL, BF e RF, agisce in modo che il selettore degli ingressi abiliti solamente l'ingresso del segnale esterno richiesto.
Riportando il commutatore POWER in posizione OFF, lo strumento disattiva tutti i controlli, esce dal programma, ed esegue una pulizia dello schermo.
Studiando il funzionamento dello strumento si è potuto osservare che la risposta dei controlli è immediata nel modo CONTATORE, mentre nel modo FREQUENZIMETRO risulta più lenta. Ciò è dovuto al fatto che nel periodo collegato alla finestra temporale di acquisizione dello strumento tutte le funzioni del pannello vengono disattivate; infatti, se si prova ad attivare un qualsiasi controllo non si avrà alcuna risposta, e per poter nuovamente operare sullo stesso sarà necessario attendere che venga eseguita la misura.
Il programma CONTATORE presenta le stesse funzioni del programma FREQUENZIMETRO, con eccezione della selezione degli ingressi. Per la calibrazione è possibile utilizzare solamente un segnale esterno, poiché non è disponibile l'oscillatore di riferimento del selettore degli ingressi. La selezione dell'indirizzo di abilitazione è valida solamente per il circuito del contatore.

UTILIZZO DELLO STRUMENTO COME FREQUENZIMETRO

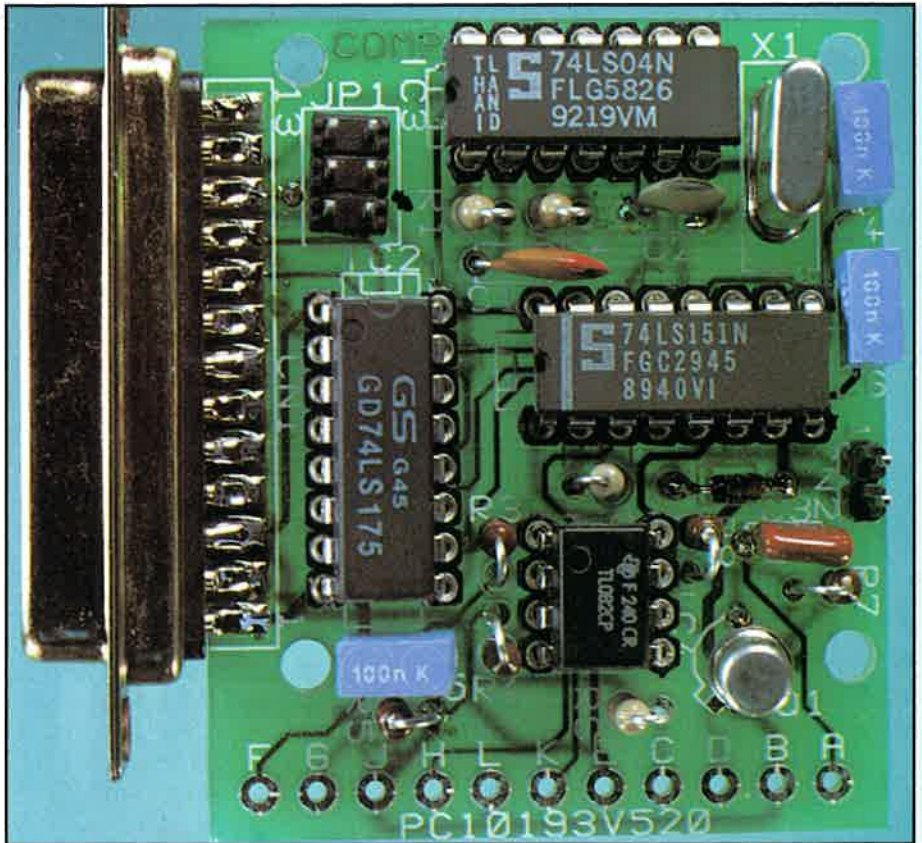
Per descrivere meglio il modo in cui bisogna agire sui controlli dello strumento, viene proposto un esempio relativo a ciascun tipo di misura che può essere eseguita dal programma. La prima cosa da

Il programma CONTATORE è una versione ridotta del programma FREQUENZIMETRO, con alcune funzioni in meno

fare è quella di collegare tutti i circuiti correttamente e lanciare il programma. All'atto dell'accensione lo strumento si configura automaticamente come frequenzimetro impostato sulla scala degli Hz e con ingresso TTL selezionato; per questa ragione la prima misura che viene eseguita è quella di un segnale di questo tipo, applicando lo stesso all'ingresso corrispondente del circuito selettore. Questa misura non richiede alcuna regolazione, e il valore che appare sul display deve corrispondere alla frequenza del segnale applicato. Se si varia la scala e si sceglie quella dei secondi, sul display viene visualizzato il periodo del segnale espresso in secondi.

La massima frequenza che si può applicare direttamente al frequenzimetro è di 25 MHz, poiché per il contatore si sono utilizzati componenti costruiti in tecnologia TTL.

Se si desiderano misurare frequenze più elevate è necessario inserire tra l'ingresso del selettore e la sorgente del segnale un divisore di frequenza in grado di operare nella gamma delle frequenze che si vogliono misurare; in questo caso, per ottenere il valore effettivo della frequenza bisogna moltiplicare il risultato della lettura per il fattore di divisione applicato. La misura dei segnali in RF avviene con le stesse modalità descritte per i segnali TTL, selezionando preventivamente l'ingresso RF sul pannello del frequenzimetro. L'amplificatore di ingresso fornisce una risposta lineare fino a 15 MHz. Anche se il segnale applicato è di livello molto elevato è possibile eseguirne egualmente la misura, ma è consigliabile in questo caso ricorrere a un modulo divisore di frequenza o prescaler.

Per misurare i segnali in bassa frequenza bisogna selezionare l'ingresso BF sul pannello, posizionare i potenziometri della sensibilità e della soglia al minimo, e applicare all'ingresso suddetto il segnale che si vuole misurare. Successivamente bisogna variare il potenziometro della sensibilità finché lo strumento non inizia a dare delle risposte. Se con il segnale è presente anche del rumore, la misura potrebbe risultare instabile o imprecisa, per cui è necessario

Il circuito selettore degli ingressi senza collegamenti e potenziometri

La selezione di un ingresso avviene premendo semplicemente il tasto corrispondente

La massima frequenza applicabile direttamente è di 25 MHz, poiché i contatori utilizzati sono costruiti in tecnologia TTL

Elenco componenti

Un circuito decodificatore di indirizzi

Un circuito contatore digitale

Un circuito selettore degli ingressi

Un dischetto contenente i programmi di controllo per il frequenzimetro

Un cavo di collegamento 1:1 da 25 fili con due connettori DB25 maschi e uno femmina

Quattro distanziali da 20 mm femmina-femmina per viti M3

Quattro distanziali da 10 mm femmina-maschio per viti M3

Otto viti M3 da 6 mm

Un contenitore con dimensioni minime di 60x80x45 mm

variare la soglia sino a stabilizzare la lettura che compare sul display.

Il funzionamento come contatore è molto semplice. Lo strumento conta il numero di cicli del segnale in esame per un tempo che viene determinato dall'attivazione dei pulsanti START e STOP. Il segnale deve essere applicato all'ingresso corrispondente, selezionato tramite il pannello di controllo. Quando si preme il tasto START il contatore si resetta ed inizia ad eseguire il conteggio finché non viene premuto il tasto STOP. In questa modalità di funzionamento non è possibile variare la scala, per cui il contatore presenterà la misura reale sino al valore massimo consentito dal display.

Bisogna tener presente che gli ingressi non sono protetti, per cui è necessario prestare attenzione ai livelli di tensione che si applicano allo strumento.

Il pannello di calibrazione del programma CONTATORE permette di effettuare la regolazione solo con un segnale di 5 MHz applicato all'ingresso TTL

Nel programma contatore occorre selezionare solamente l'indirizzo di abilitazione del contatore digitale

CALIBRAZIONE

Per ottenere una maggior precisione è necessario calibrare lo strumento prima di iniziare le operazioni di misura. Come già detto in precedenza, questa operazione può essere eseguita con il segnale riferimento generato dal selettore degli ingressi o tramite un segnale esterno di 5 MHz. Dopo aver effettuato la calibrazione questa rimane valida solo fino a quando viene mantenuta l'alimentazione, e viene persa quando si spegne lo strumento; è quindi necessario rieffettuare questa procedura ogni volta che si accende lo strumento. Se si esegue questa operazione con un segnale esterno, e questo non è stato collegato all'ingresso TTL, il programma si interrompe perché non rileva la presenza del segnale di calibrazione. La stessa cosa accade se l'oscillatore di riferimento del selettore degli ingressi non funziona. Pertanto, se nell'eseguire questa procedura il programma si interrompe, significa che è stato rilevato un errore nel segnale di calibrazione.